

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-74294

(43) 公開日 平成6年(1994)3月15日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

F 1 6 F 15/02

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 9138-3 J

C 9138-3 J

審査請求 未請求 請求項の数1(全6頁)

(21) 出願番号 特願平4-230120

(22) 出願日 平成4年(1992)8月28日

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 佐藤 茂樹

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

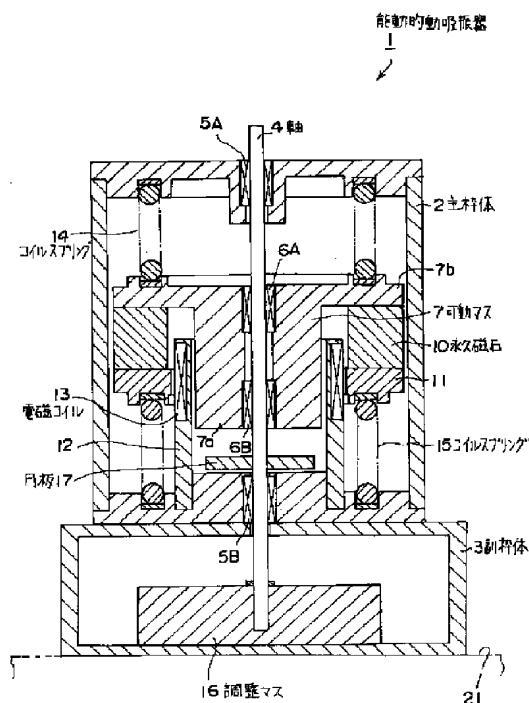
(74) 代理人 弁理士 森 哲也 (外2名)

(54) 【発明の名称】 能動的動吸振器

(57) 【要約】

【目的】装置規模の極端な大型化等を招くことなく、小さな消費電力で広い周波数帯域において良好な制振効果が得られる能動的動吸振器とする。

【構成】フロア21に固定される主枠体2内に、可動マス7をコイルスプリング14、15によって上下方向に弾性的に支持し、この可動マス7に固定された永久磁石10及び主枠体2側に固定された電磁コイル13で構成される電磁アクチュエータによって、可動マス7に上下方向の電磁力が付与されるようにする。そして、可動マス7の振動を案内する軸4の下端部に調整マス16を固定するとともに、リニアベアリング5A、5Bによって軸4を主枠体2に対して進退自在とし、軸4に固定された円板17を、可動マス7に磁着又は可動マス7から分離できる構成とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 弾性支持された質量体と、この質量体にその振動の方向と同じ方向の力を付与するアクチュエータと、前記質量体の質量を変化させる質量可変手段と、を備えたことを特徴とする能動的動吸振器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、振動系の振動を吸収する動吸振器（ダイナミック・ダンパ）に関し、特に、振動系の振動状態に応じた能動的な制振制御が可能な能動的動吸振器（アクティブ・ダイナミック・ダンパ）において、複数の振動モードに対して少ない消費電力で良好な制振効果を得られるようにしたものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の能動的動吸振器として、例えば実開昭60-88137号公報の第4図に開示されるようなものがある。即ち、この従来の能動的動吸振器は、枠体内に弾性支持された質量体と、この質量体に固定された永久磁石及び枠体側に固定された電磁コイルで構成され且つその質量体にその振動方向と同じ方向の力を付与する電磁アクチュエータと、を有して、その枠体を、質量体の振動方向と振動制御対象としての振動系の振動の方向とが一致するようにその振動系に固定して使用するものである。

【0003】 そして、電磁コイルに供給する電流の方向及び大きさを適宜制御することにより質量体の振動によって枠体に発生する力が変化することから、このような能動的動吸振器であれば、質量体及びこれを弾性支持する弾性体でなるマス・バネ系の共振周波数近傍の振動モードに対してのみ有効な受動的な動吸振器と異なり、広い周波数帯域において制振効果を得ることができる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来の能動的動吸振器にあっては、一つの能動的動吸振器には一つのマス・バネ系しか存在しない構成であったため、例えば振動制御対象周波数が二つ存在し、それら周波数が比較的大きく離れている場合にあっては、マス・バネ系の共振周波数を一方の振動制御対象周波数に一致させることになる結果、他方の振動制御対象周波数の振動はほとんど電磁アクチュエータによって得られる電磁力によって吸収しなければならなくなり、消費電力が多くなってしまおうという不具合がある。

【0005】 かかる不具合を防止するのに、振動制御対象周波数の個数に応じて複数の能動的動吸振器を用いることも考えられるが、これでは、装置規模の極端な大型化及び大幅なコストアップを招いてしまうため得策ではない。本発明は、このような従来の技術が有する未解決の課題に着目してなされたものであって、装置規模の極端な大型化等を招くことなく、少ない消費電力で広い周波数帯域において良好な制振効果を得ることができる能

動的動吸振器を提供することを目的としている。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、本発明に係る能動的動吸振器は、弾性支持された質量体と、この質量体にその振動の方向と同じ方向の力を付与するアクチュエータと、前記質量体の質量を変化させる質量可変手段と、を備えた。

## 【0007】

【作用】 質量可変手段が質量体の質量を変化させると、その質量体を含むマス・バネ系は質量の変化の前後で異なった特性（固有値）を示すため、複数のマス・バネ系が存在することと等価である。従って、振動制御対象周波数が複数存在する場合に、各マス・バネ系の共振周波数をそれら振動制御対象周波数の各々に一致又は略一致させれば、アクチュエータが質量体に付与する力を過大にしくなくても制振効果を得られる。

## 【0008】

【実施例】 以下、この発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1乃至図4は本発明の一実施例を示す図であり、これは、本発明に係る能動的動吸振器1を、車両20のフロア21の振動を吸収する装置として用いたものである。

【0009】 先ず、構成を説明すると、図1に示すようにこの能動的動吸振器1は、径方向寸法に比べて軸方向寸法が長い円筒体からなる主枠体2と、軸方向寸法に比べて径方向寸法が長い円筒体からなる副枠体3とを有して、副枠体3上端面に同軸に主枠体2が固定され、副枠体3が軸方向が上下方向を向くようにフロア21上面に固定されている。

【0010】 そして、主枠体2及び副枠体3の軸心部には、軸4が、その上端は主枠体2の上面から外部に突出し、その下端は副枠体3内に位置するように、リニアベアリング5A、5Bによって軸方向に進退自在に支持されている。また、主枠体2内には、軸4が貫通し且つリニアベアリング6A、6Bによってその軸4に対して軸方向に進退自在な磁性材料からなる可動マス7が配設されていて、この可動マス7は、軸4と同軸の円柱形をなす本体7aと、この本体7aの上端部に形成された軸4と同軸のフランジ部7bとから構成されている。

【0011】 可動マス7のフランジ部7bの下側を向く面には、リング状の永久磁石10が軸4と同軸に固着されており、その永久磁石10の下面側には、磁性材料からなるリング部材11が軸4と同軸に固着されている。ただし、可動マス7の本体7aの周面と、リング部材11の内周面との間は、隙間が設けられている。永久磁石10は、軸方向に極が存在する磁石であって、従って、この永久磁石10で生成された磁束は、可動マス7の本体7aの周面と、リング部材6の内周面との間の隙間において、周方向のいずれの位置においても、軸4に対して直交する方向を向いている。

【0012】また、主枠体2の内底面には、可動マス7の本体7aを取り囲むように、本体7a及びリング部材11のいずれとも非接触に、軸4と同軸の円筒形のボビン12が固定されている。そして、ボビン12には、可動マス7の本体7aの周面と、リング部材11の内周面との間の隙間に位置するように、軸4と同軸に電磁コイル13が巻かれていて、この電磁コイル13には、図示しない信号線を介して、外部からいずれの向きにも任意の大きさの制御電流を供給できるようになっている。

【0013】なお、リング部材11と電磁コイル13との間は、非接触ではあるが、電磁力が効率良く発生するためには、その隙間は僅かであることが望ましく、従って、リニアベアリング5A、5B、6A、6Bによるクリアランスの管理が必要である。さらに、可動マス7のフランジ部7bの上面及びこれに対向する主枠体2の内端面間と、リング部材11の下面及びこれに対向する主枠体2の内底面間とは、軸方向の弾性力を付与するコイルスプリング14、15が介在していて、これにより、可動マス7が主枠体2に弾性支持されている。

【0014】一方、副枠体3内には、円板形の調整マス16が収容されていて、かかる調整マス16は、軸4の下端部に同軸に固定されている。そして、主枠体2内であって可動マス7の下側の軸4には、調整マス16が副枠体3の底面上に位置している際、即ち、軸4が最も下方に位置している際に主枠体2の内底面よりも若干上側に位置するように、磁性材料からなる円板17が同軸に固定されている。

【0015】図2は、この能動的動吸振器1を車両20に設置した状態のシステム構成を示す概念図であって、マイクロコンピュータや必要なインタフェース回路等から構成され且つ電磁コイル13に制御電流を供給可能なコントローラ30を有するとともに、このコントローラ30には、エンジン回転数Nを検出するエンジン回転数センサ31の検出信号と、フロア21に生じる上下方向の加速度 $d^2 x_1 / dt^2$ を検出する加速度センサ32の検出信号とが供給されている。

【0016】そして、コントローラ30は、エンジン回転数Nに基づき、低周波のロード・ノイズが発生している状況であるか、或いはアイドル振動が発生している状況であるかを判定し、ロード・ノイズが発生していると判定された場合には円板17を可動マス7に磁着させず、アイドル振動が発生していると判定された場合には円板17を可動マス7に磁着させる制御を実行するとともに、加速度 $d^2 x_1 / dt^2$ に基づき、フロア21の上下方向の振動が能動的動吸振器1によって確実に吸収されるように電磁コイル13に制御電流を供給する制御を実行する。

【0017】次に、本実施例の動作を説明する。即ち、この能動的動吸振器1が振動を吸収するメカニズム自体は従来の能動的動吸振器と同様であり、主枠体2に支持

されたマス・バネ系がその主枠体2に付与する力によってフロア振動を吸収するものである。そして、かかるマス・バネ系のバネに対応するのがコイルスプリング14及び15であり、これは固定のものであるが、マス・バネ系のマスが可変である点に従来の能動的動吸振器と異なる大きな特徴がある。

【0018】つまり、軸4の下端部には調整マス16が固定されているため、永久磁石10によって実質的に磁石として働く可動マス7に円板17が磁着していない状態であれば、かかる調整マス16の重量によって軸4は図1に示すような実質的に固定された軸と同じ状態をとり、コイルスプリング14及び15は、可動マス7、永久磁石10及びリング部材11によって構成される質量体を弾性支持することになり、この質量体は、リニアベアリング6A、6Bによって主枠体2に対して上下方向に振動することになる（以下、この状態を小質量状態と称する。）。

【0019】しかし、可動マス7に円板17が磁着した状態となると、円板17は軸4に固定されていることから、図3に示すようにこの円板17、軸4及び調整マス16が可動マス7と一体となり、かかる状態であれば、コイルスプリング14及び15は、可動マス7、永久磁石10、リング部材11、円板17、軸4及び調整マス16によって構成される質量体を弾性支持することになり、この質量体は、リニアベアリング5A、5Bによって主枠体2に対して上下方向に振動することになる（以下、この状態を大質量状態と称する。）。

【0020】なお、可動マス7への円板17の磁着及び可動マス7に磁着された円板17の分離は、小質量状態及び大質量状態におけるマス・バネ系の固有値、即ち、共振周波数が異なるということを利用して行うことができる。具体的には、この能動的動吸振器1によってフロア振動が吸収されている際における質量体の振幅を、小質量状態及び大質量状態のいずれの場合であっても主枠体2の上下内端面からやや離れた点間におさまるように例えばコイルスプリング14、15が有する減衰力を選定しておき、そして、可動マス7に円板17を磁着させる際（つまり、小質量状態から大質量状態にモードを切り換える際）には、電磁コイル13に、小質量状態における共振周波数と同じ周波数の交流電流を、可動マス7に円板17と接する程の変位が生じるような大きなレベルで所定時間供給する。

【0021】すると、可動マス7には通常の範囲を超えて大きな変位が生じるから、円板17が可動マス7に磁着し、大質量状態に移行したことになる。なお、小質量状態から大質量状態に移行した瞬間にかかるマス・バネ系の共振周波数が変化することから、マス・バネ系の共振現象はおさまる。逆に、可動マス7から円板17を分離する際（つまり、大質量状態から小質量状態にモードを切り換える際）には、電磁コイル13に、大質量状態

5

における共振周波数と同じ周波数の交流電流を、可動マス7に主枠体2の上側内端面に極めて近づく程の変位が生じるような大きなレベルで所定時間供給する。

【0022】すると、図3からも判るように円板17が可動マス7に磁着されている際には調整マス16が浮いている状態であるため、可動マス7が上方に大きく変位した際に調整マス16が副枠体3の上側内端面に衝突し、調整マス16のそれ以上の上昇がさえぎられるから、軸4を介して調整マス16と一体となった円板17もそれ以上上昇しなくなる結果、円板17が可動マス7から分離され、小質量状態に移行したことになる。なお、大質量状態から小質量状態に移行した瞬間にかかるマス・バネ系の共振周波数が変化することから、やはり、マス・バネ系の共振現象はおさまる。

【0023】このように、本実施例の構成であれば、主枠体2内に構成されたマス・バネ系は、小質量状態及び大質量状態という二つの状態をとることができるから、特性の異なる二つのマス・バネ系が存在することと等価の装置となる。そこで、本実施例では、大質量状態の共\*

$$u = f_1 \cdot dx_1 / dt + f_2 \cdot dx_2 / dt + f_3 \cdot x_1 + f_4 \cdot x_2$$

..... (1)

ただし、フィードバックゲイン $f_1 \sim f_4$ は、最適レギュレータ理論により設定すれば、安定性の良いゲインが求められる。なお、本実施例では、マス・バネ系が二つ存在するため、これらフィードバックゲイン $f_1 \sim f_4$ は二系統設定しておく必要がある。

【0026】また、可動マス7の変位 $x_2$ は、実際にはフロア振動から推定することができるので、本実施例では、加速度センサ32が検出した加速度 $d^2 x_1 / dt^2$ のみに基づいて制振制御を行う。このように、本実施例にあっては、モード1及びモード2のそれぞれに対応したマス・バネ系が存在することと等価であり、しかも、上記(1)式に基づいて状態フィードバック制御により制御力 $u$ を発生させるため、図4(a)に実線で示すように、広い周波数帯域で良好な制振効果を得ることができる。なお、図4(a)に破線で示す特性は、能動的動吸振器1を有しない場合におけるフロア振動である。

【0027】しかも、マス・バネ系がモード1及びモード2のそれぞれに対応して存在するということは、いずれのモードに対しても小さな制御力 $u$ で制振効果が得られるので、図4(b)に実線で示すように、消費電力も少なく済むのである。なお、図4(b)に破線で示す特性は、モード1にのみ共振周波数が対応する従来の能動的動吸振器における消費電力であって、モード2のフロア振動に対しては大電力が必要となることが判る。

【0028】そして、本実施例の構成とすることによる能動的動吸振器1の大型化は、マス・バネ系が二つ存在するにも関わらず、コイルスプリング14、15や永久磁石10、電磁コイル13等は一系統で済むため、従来

6

\*共振周波数をアイドルリング時に問題となるアイドル振動(25Hz程度)に設定するとともに、小質量状態の共振周波数を走行時に問題となる低周波のロード・ノイズの周波数(40Hz程度)に設定しておき、エンジン回転数 $N$ に基づいていずれの振動状態であるかを判定し、その判定結果に応じて大質量状態又は小質量状態のいずれかをとるようにする。ここで、アイドル振動に対応するフロア振動モードをモード1、低周波のオリフィスに対応するフロア振動モードをモード2とする。

【0024】つまり、本実施例の構成であれば、モード1及びモード2のそれぞれに対応して振動特性が設定された能動的動吸振器を有することになる。なお、制振時に電磁コイル13に供給する制御電流は、本実施例では、フロア振動の加速度 $d^2 x_1 / dt^2$ 及び可動マス7の変位 $x_2$ に基づく状態フィードバック制御によって決定する。即ち、制御力 $u$ を下記の(1)式に基づいて決定し、この制御力 $u$ が発生するように電磁コイル13に制御電流を供給する。

【0025】

の能動的動吸振器と比較しても調整マス16を収容する副枠体3の部分が追加される程度で済むし、むしろ、上述したように制御力 $u$ が小さくて済めば、電磁力を発生するための永久磁石10や電磁コイル13等の小型化が図られるから、装置の極端な大型化やコストの大幅な増大等を招くこともない。

【0029】ここで、本実施例では、可動マス7、永久磁石10、リング部材11、円板17、軸4及び調整マス16によって質量体が構成され、永久磁石10及び電磁コイル13によってアクチュエータが構成され、永久磁石10、円板17及びモード切替時に電磁コイル13に所定周波数の交流電流を供給する制御によって質量可変手段が構成される。

【0030】なお、上記実施例では、エンジン回転数 $N$ に基づいて振動モードを判定する構成としているが、車両が走行状態であるか停車状態であるかを判定する例えば車速センサ等を設け、アイドル振動が発生する可能性のある停車時には大質量状態とし、低周波のロード・ノイズが発生する可能性のある走行時には小質量状態とする制御内容としても、同様の効果を得ることができる。

【0031】また、上記実施例では、本発明に係る能動的動吸振器1を車両20のフロア21に生じる振動を吸収する装置として適用した場合について説明したが、本発明の適用対象はこれに限定されるものではなく、振動制御対象周波数が複数ある制振対象であれば同様に好適に適用し得るものである。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、弾性支持された質量体の質量を可変とする構成としたた

7

8

め、弾性支持のための弾性体やアクチュエータ等を複数系統設けなくても複数のマス・バネ系が存在することと等価となるから、装置規模の極端な大型化等を招くことなく、少ない消費電力で広い周波数帯域において良好な制振効果を得ることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例の構成を示す断面図である。

【図2】 実施例のシステム構成を示す概念図である。

【図3】 質量体の質量を増大させた状態の構成を示す断面図である。

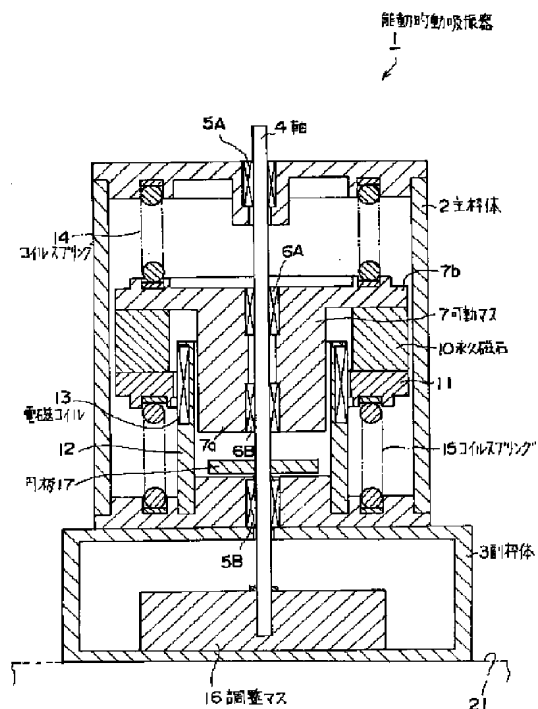
【図4】 実施例の効果を説明するグラフである。

【符号の説明】

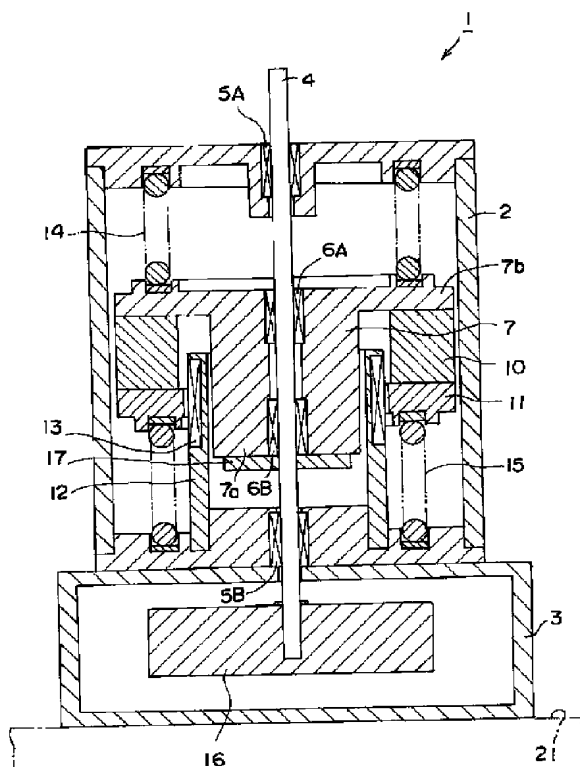
- 1 能動的動吸振器  
2 主枠体

- 3 副枠体  
4 軸  
7 可動マス  
10 永久磁石  
11 リング部材  
13 電磁コイル  
14, 15 コイルスプリング  
16 調整マス  
17 円板  
21 フロア  
30 コントローラ  
31 エンジン回転数センサ  
32 加速度センサ

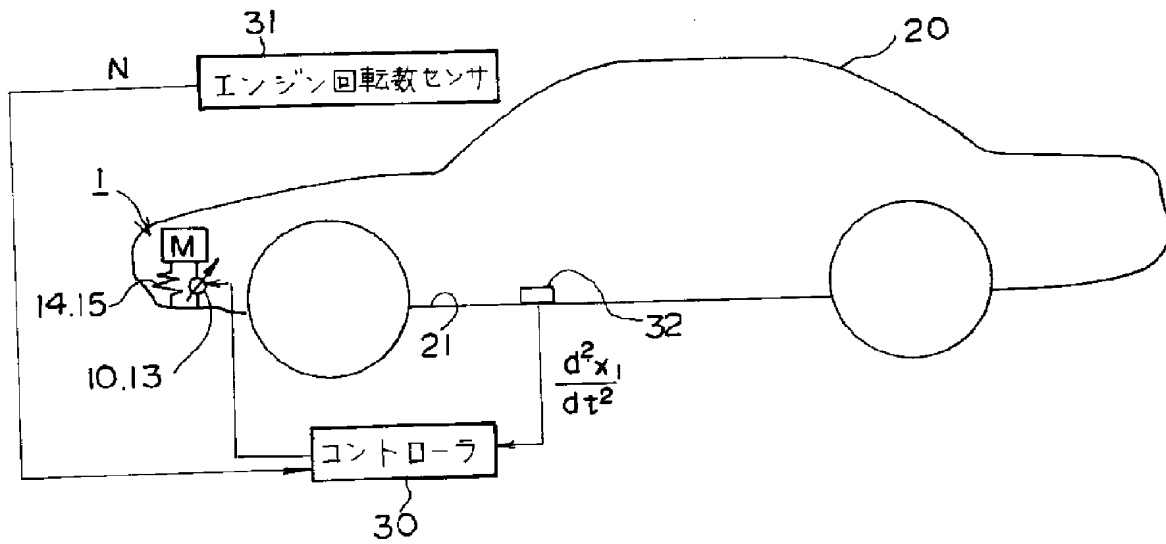
【図1】



【図3】



【図2】



【図4】

